

УДК [635.635:635.621]:678.048

**Олеся ПРИСС,
Валентина КАЛИТКА****АНТИОКСИДАНТНИЙ КОМПЛЕКС
ГАРБУЗОВИХ ОВОЧІВ**

Досліджено вплив температури та опадів під час вегетації на активність ферментативних антиоксидантів плодів огірка та кабачка. Встановлено, що визначальний вплив на активність супероксиддисмутази та каталази в огірках має сума температур періоду вегетації. У плодах кабачка ці показники значно залежать від суми температур періоду формування плоду та опадів при вегетації. Активність пероксидази в гарбузових плодах достовірно залежить лише від опадів і обернено корелює із супероксиддисмутазною та каталазною активністю.

Ключові слова: антиоксиданти, огірки, кабачки, температура, опади, супероксиддисмутаза, каталаза, пероксидаза.

Присс О., Калитка В. Антиоксидантный комплекс тыквенных овощей. Исследовано влияние температуры и осадков в период вегетации на активность ферментных антиоксидантов плодов огурца и кабачка. Установлено, что определяющее влияние на активность супероксиддисмутазы и каталазы в огурцах имеет сумма температур. В плодах кабачка эти показатели очень зависят от суммы температур периода формирования плода и от осадков во время вегетации. Активность пероксидазы в тыквенных плодах достоверно зависит только от осадков и обратно коррелирует с супероксиддисмутазной и каталазной активностью.

Ключевые слова: антиоксиданты, огурцы, кабачки, температура, осадки, супероксиддисмутаза, каталаза, пероксидаза.

Постановка проблеми. Одним із проявів нормального метаболізму в живій клітині є генерація високореакційних *активних форм кисню* (АФК). Ці короткоживучі радикали беруть участь як у багатьох фізіологічних функціях, так і в низці патологічних процесів [1]. Для підтримання окисно-відновної рівноваги організм синтезує комплекс високомолекулярних і низькомолекулярних біоантиоксидантів, які стабілізують рівень АФК. Однак за дії несприятливих факторів тонка рівновага між високо реакційними кисневими радикалами та антиоксидантами порушується. Це призводить до окиснювального стресу, який вважають першопричиною виникнення багатьох серцевих, онкологічних та інших захворювань. Епідеміологічні дослідження дають підстави стверджувати, що дієта, багата на антиоксиданти, пов'язана з нижчою частотою дегенеративних хвороб [2–4]. Вагомі докази ефективності харчових біоактивних сполук у підтриманні здоров'я та профілактики багатьох захворювань є поштовхом для здійснення моніторингу антиоксидантних сполук у плодоовочевій продукції.

© Олеся Присс, Валентина Калитка, 2014

Комплекс тканинних антиоксидантів плодів овочів складається з низькомолекулярних (фенольні речовини, каротиноїди, аскорбінова кислота, моно- та дисахариди, деякі амінокислоти) і високомолекулярних сполук [5]. Низькомолекулярні перехоплюють вільні радикали, відновлюють АФК і продукти оксидативної модифікації. Формування антиокиснювального комплексу низькомолекулярних антиоксидантів у гарбузових овочах під впливом абіотичних факторів уже досліджено авторами та викладено в попередній роботі [6].

Наступний етап – аналіз формування ензиматичної системи захисту тканин огірків і кабачків від окиснювального пошкодження. Частина гарбузових овочів, яка містить незначну кількість низькомолекулярних антиоксидантів, формує потужну систему з високомолекулярних антиоксидантів [7]. За ензиматичну систему захисту тканин від окиснювального пошкодження головним чином відповідають три ферменти: супероксиддисмутаза (СОД), каталаза (КАТ) і пероксидаза (ПО) [8].

СОД є ключовим ферментом першої лінії антиоксидантного захисту клітини у всіх аеробних організмах [9], а деякі автори пропонують саме за її активністю судити про антиоксидантні властивості рослинної сировини [10]. СОД виконує дисмутацію супероксидних радикалів, результатом чого є пероксид гідрогену. Необхідною ланкою антиоксидантного захисту рослин є група ферментів, які утилізують пероксид гідрогену. Такими ензимами в клітині є каталаза та пероксидази, що працюють у складі другої лінії захисту. Каталаза каталізує перетворення H_2O_2 на дві молекули води і O_2 [11]. Однак у низці компартментів клітини каталаза практично відсутня, тому існує необхідність функціонування інших ферментів, задіяних в детоксикації пероксиду гідрогену. Пероксидази, вступаючи в реакцію з пероксидом гідрогену, утворюють продукти окиснення ферменту та воду [12, с. 38].

Активність антиоксидантних ферментів плодоовочевої сировини коливається в широких межах і залежить від багатьох біотичних і абіотичних факторів [13; 14]. Питання формування ензиматичного антиоксидантного комплексу в тканинах гарбузових овочів під впливом абіотичних факторів залишається відкритим.

Мета роботи – виявити вплив гідротермічних умов вегетації на формування комплексу високомолекулярних антиоксидантів у плодах огірка та кабачка. Для досягнення поставленої мети необхідно з'ясувати рівень активності ферментів СОД, КАТ і ПО за різних погодних умов вегетації.

Матеріали та методи. Дослідження проведено в 2005–2012 рр. на базі лабораторії технології переробки та зберігання продукції сільськогосподарства НДІ Агротехнологій та екології Таврійського державного агротехнологічного університету (м. Мелітополь). Об'єкти дослідження – плоди огірків гібридів *Маша F1* і *Афіна F1*, плоди кабачків *Кавілі F1* і *Таміно F1*, вирощені в умовах відкритого ґрунту.

Титруванням нерозкладаного залишку пероксиду водню при окисненні пірокатехіну визначено активність пероксидази [15], титру-

ванням тіосульфатом натрію – каталази [16]. Активність супероксиддисмутази визначено за її здатністю інгібувати реакцію аутоокислення адреналіну в лужному середовищі [17]. Методику модифіковано в частині підготовки сировини до досліджень, а саме: до 0.5 г рослинного матеріалу додавали 5 см³ фосфатного буфера рН 7.8, розтирали в ступці зі склом на льоду, переносили до центрифужних пробірок, додавали 0.3 см³ хлороформу та 0.6 см³ спирту й центрифугували при 8000 об. 20 хв. Для спектрофотометрування відбирали надосадовий центрифугат. Активність СОД виражено в умовних одиницях, які показують відсоток інгібування аутоокислення адреналіну.

Результати дослідження. За роки досліджень гідротермічні умови вегетації огірків і кабачків змінювалися в широких межах: спостерігали спекотні й посушливі роки (2005 р.) та прохолодні й достатньо зволожені (2011 р.) (рис. 1).

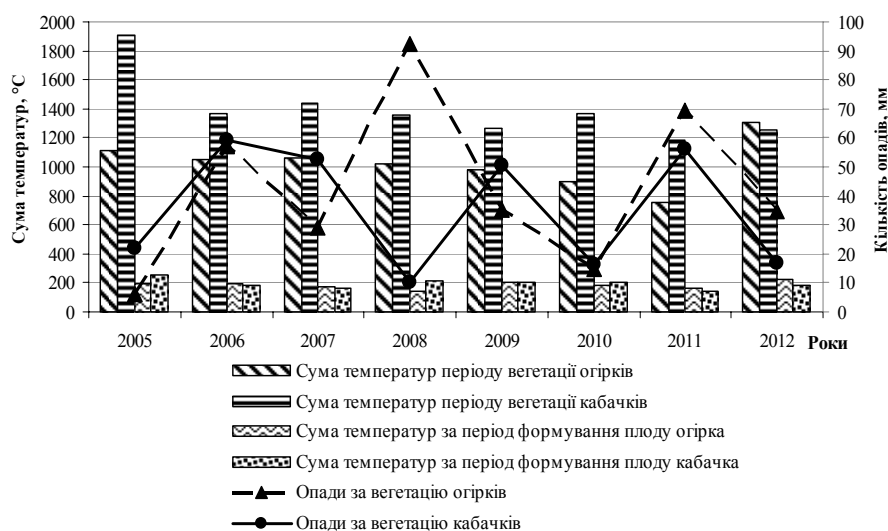


Рис. 1. Гідротермічні умови вегетації огірків і кабачків

За активністю СОД досліджувані гарбузові овочі суттєво різняться. Активність цього ферменту в огірках у 2–7 разів вища, ніж у кабачках (рис. 2).

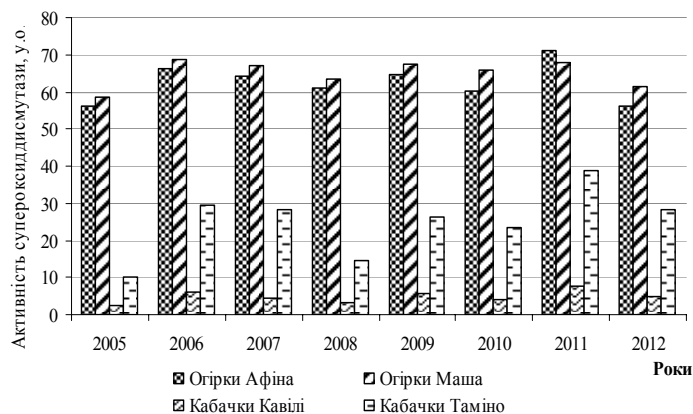


Рис. 2. Активність СОД у гарбузових овочах

Активність ферменту в огірках практично не залежить від сортових особливостей, коефіцієнт варіації за роки досліджень становив лише 5–8 %.

У кабачків варіативність СОД за цей період досягала 33–35 %. Активність СОД між гібридами *Кавілі* та *Таміно* різнилася в 5–6 разів. У кабачків гібриду *Кавілі* активність СОД нижча за 10 у. о., що на думку дослідників вказує на повну відсутність антиокиснювальної активності [10]. Двофакторний аналіз впливу сорту (фактор А) та погодних умов (фактор В) на активність СОД у плодах кабачків підтверджує достовірність впливу обох факторів та їх взаємодії (табл. 1).

Таблиця 1

Достовірність впливу сорту (фактор А) та погодних умов (фактор В) на активність СОД у плодах кабачка

Показник	Частка впливу, %	Критерій Фішера	
		$F_{\text{факт.}}$	$F_{\text{теор.}}$
Фактор А	73.1	5671.40	4.00
Фактор В	17.4	192.80	2.17
Взаємодія АВ	8.7	96.42	2.17
Залишкове	0.8	–	–

Ураховуючи сильну сортову специфіку, парні кореляційні залежності СОД з гідротермічними умовами необхідно встановлювати для кожного гібриду кабачків окремо. Низька активність СОД у гарбузових овочах спостерігається в спекотні й посушливі роки, максимальна – зафіксована в 2011 р. при підвищеній кількості опадів і меншій сумі температур (див. *рис. 1*). Відповідно й кореляційні зв'язки є оберненими з температурами та прямими з опадами. Отримані результати цілком співвідносні з даними *H. L. Dong* і *B. L. Chin*, які вказують, що при охолодженні рослин огірка зростає активність усіх ізоформ СОД [18]. Для кабачків обох гібридів усі зв'язки СОД із гідротермічними показниками є сильними ($r = -0.71 \div -0.93$), а для огірків достовірні зв'язки дещо слабші: $r = -0.64$. Встановлені кореляційні залежності доводять нижчу адаптивність кабачків до несприятливих абіотичних чинників.

Іншим важливим компонентом антиоксидантної системи є каталаза, за активністю якої гарбузові овочі також суттєво різняться. Активність КАТ огірків практично вдвічі вища, ніж кабачків (*рис. 3*).

Сортові особливості гарбузових овочів щодо активності КАТ не суттєві. Проте активність цього ензиму в плодах обох культур має значну варіативність залежно від року досліджень ($V = 20.6\text{--}32.6\%$). Найвища активність КАТ в обох гарбузових овочах проявилася в роки з мінімальними температурами періоду вегетації та достатньою кількістю опадів (2011 р., 2006 р.). Активність КАТ зростає у відповідь на низькотемпературні стреси [19]. Аналіз парних кореляційних залежностей між цим ферментом і погодними факторами підтверджує

зростання активності КАТ у відповідь на зниження температури. Між сумою температур всього періоду вегетації та активністю КАТ існує достовірна сильна обернена залежність для плодів обох культур: $r = -0.62 \div -0.65$. Ще тісніші зв'язки характерні між КАТ та іншими гідротермічними показниками в плодах кабачків. Проте, як і у випадку із СОД, активність каталази не має суттєвих зв'язків з іншими досліджуваними факторами для плодів огірка.

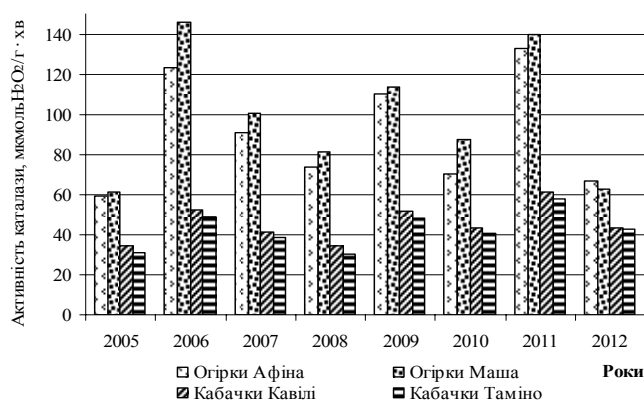


Рис. 3. Активність каталази в гарбузових овочах

Між активністю КАТ і СОД для огірків і кабачків встановлено залежності з коефіцієнтом кореляції від 0.90 до 0.98 (табл. 2).

Таблиця 2

Кореляційні залежності між антиоксидантними ферментами в гарбузових овочах

Гарбузові овочі	Фермент	Каталаза	Пероксидаза
Огірки	Супероксиддисмутаза	0.90	-0.64
	Каталаза	-	-0.54
	Пероксидаза	-0.54	-
Кабачки:			
Кавілі	Супероксиддисмутаза	0.98	-0.77
	Каталаза	-	-0.79
	Пероксидаза	-0.79	-
Таміно	Супероксиддисмутаза	0.92	-0.56
	Каталаза	-	-0.71
	Пероксидаза	-0.71	-

Залежно від року досліджень, активність пероксидази в огірках і кабачках змінювалася в широких межах – варіативність становить 20–30 % (рис. 4).

Активність ПО для огірків не залежить від сорту, а для кабачків різниця між гібридами для цього показника в середньому становить 1.5 рази. Двофакторний аналіз впливу сорту (фактор А) та погодних умов (фактор В) на активність ПО в плодах кабачків підтверджує достовірність впливу обох факторів та їх взаємодії (табл. 3).

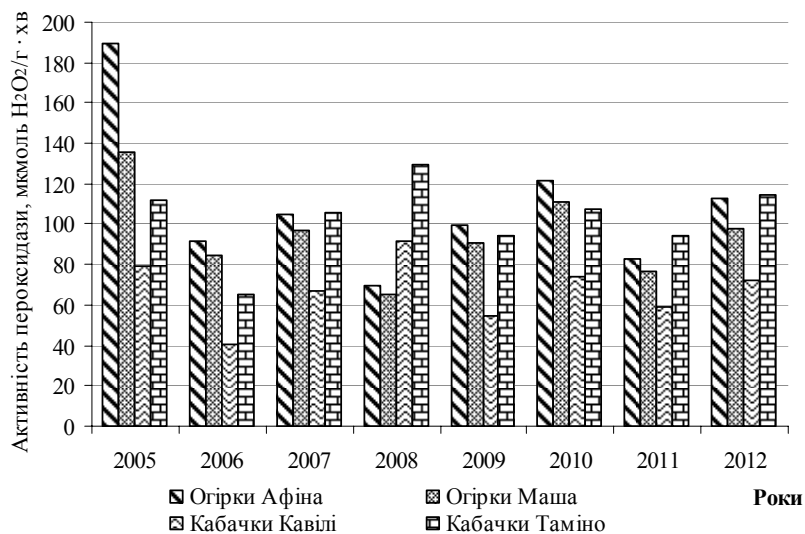


Рис. 4. Активність пероксидази в гарбузових овочах

Таблиця 3

**Достовірність впливу сорту (фактор А) та погодних умов (фактор В)
на активність ПО в плодах кабачка**

Показник	Частка впливу, %	Критерій Фішера	
		$F_{\text{факт.}}$	$F_{\text{теор.}}$
Фактор А	53.0	1834.22	4.00
Фактор В	43.7	216.04	2.17
Взаємодія АВ	1.2	5.91	2.17
Залишкове	2.1	—	—

Оскільки за сортовою специфікою дані достовірні, то парні кореляційні залежності встановлено для кожного гібриду кабачків окремо. Кореляційний аналіз показав, що достовірні залежності між активністю ПО та погодними факторами існують тільки для опадів ($r = -0.73 \div -0.87$).

Найвища активність ПО зафіксована в роки з мінімальною кількістю опадів (для огірків – 2005 р., для кабачків – 2008 р.). Зростання активності ПО при одночасному зниженні СОД і КАТ у відповідь на нестачу вологи констатували й інші дослідники [20; 21]. Це пояснює також наявність достовірної оберненої кореляції між активністю ПО та СОД і КАТ у гарбузових овочах ($r = -0.54 \div -0.79$) (див. табл. 2).

Висновки. Формування комплексу антиоксидантних ферментів гарбузових овочів відбувається в сильній залежності від таких абіотичних чинників, як температура та опади в період вегетації.

Визначальний вплив на активність супероксиддисмутази та каталази в огірках має сума температур періоду вегетації. У плодах кабачка активність цих ферментів сильно залежить як від суми температур періоду формування плоду, так і від опадів за період вегетації. Між активністю супероксиддисмутази та каталази як для

огірків, так і для кабачків встановлено прямі залежності з високим коефіцієнтом кореляції. На активність пероксидази в плодах обох культур достовірно впливає лише кількість опадів періоду вегетації. Активність пероксидази в гарбузових овочах обернено корелює з супероксиддисмутазою та каталазою активністю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Активные формы кислорода как система: значение в физиологии, патологии и естественном старении* / [В. И. Донцов, В. Н. Крутько, Б. М. Мрикаев, С. В. Уханов] // Тр. Ин-та системного анализа РАН. — 2006. — Т. 19. — С. 50—69.
2. *Small D. M. Oxidative stress and antioxidant therapy in chronic kidney and cardiovascular disease* / David M. Small, Glenda C. Gobe // *Oxidative stress and chronic degenerative diseases – a role for antioxidants* / J. A. Morales-González (ed.). — Rijeka, Croatia : InTech, 2013. — P. 233—264.
3. *The role of natural antioxidants in cancer disease* / [C. Valadez-Vega, L. Delgado-Olivares, J. A. Morales González et al.] // *Oxidative stress and chronic degenerative diseases – a role for antioxidants* / J. A. Morales-González (ed.). — Rijeka, Croatia : InTech, 2013. — P. 391—418.
4. *Jadhav S. S. Daily consumption of antioxidants: – prevention of disease is better than cure* / Sameer S. Jadhav, Salunkhe R. Vijay, M. S. Chandrakant // *Asian J. Pharm. Res.* — 2013. — Vol. 3 (1). — P. 34—40.
5. *Shetty A. A. Vegetables as sources of antioxidants* / A. A. Shetty, S. Magadum, K. Managanvi // *J Food Nutr Disor.* — 2013. — Vol. 2, N 1. — P. 1—5.
6. *Прісс О. П. Формування антиокислювального комплексу гарбузових плодів овочів під впливом абіотичних факторів* / О. П. Прісс, В. В. Калитка // *Наук. вісн. НУБіП України.* — 2013. — Вип. 183, Ч. 1. — С. 58—64.
7. *Antioxidative properties of bitter gourd (Momordica charantia) and zucchini (Cucurbita pepo)* / [M. Hamissou, A. C. Smith, R. E. Jr. Carter, J. K. Triplett // *Emir. J. Food Agric.* — 2013. — Vol. 25, N 9. — P. 641—647.
8. *Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions* / Pallavi Sharma, Ambuj Bhushan Jha, Rama Shanker Dubey, Mohammad Pessaraki // *Journal of Botany.* — 2012, Article ID 217037, 26 pages, 2012. — Way of access : <http://dx.doi.org/10.1155/2012/217037>.
9. *Scandalios J. G. Oxygen stress and superoxide dismutases* / John G. Scandalios // *Plant Physiology.* — 1993. — Vol. 101, N 1. — P. 7—12.
10. *Новый подход в оценке антиоксидантной активности растительного сырья при исследовании процесса аутоокисления адреналина* / [Е. И. Рябинина, Е. Е. Зотова, Е. Н. Ветрова и др.] // *Химия растительного сырья.* — 2011. — № 3. — С. 117—121.
11. *Мирошниченко О. С. Биогенез, физиологическая роль и свойства каталазы* / О. С. Мирошниченко // *Биополимеры и клетка.* — 1992. — Т. 8, № 7. — С. 3—25.
12. *Рогожин В. В. Пероксидаза как компонент антиоксидантной системы живых организмов* / В. В. Рогожин. — СПб. : ГИОРД, 2004. — 240 с.
13. *Transcript levels of antioxidative genes and oxygen radical scavenging enzyme activities in chilled zucchini squash in response to superatmospheric oxygen* / [Y. H. Zheng, W. M. F. Raymond, S. Y. Wang, C. Y. Wang] // *Postharvest Biol. Technol.* — 2008. — Vol. 47. — P. 151—158.

14. *Respiration*, hydrogen peroxide levels and antioxidant enzyme activities during cold storage of zucchini squash fruit / [S. Gualanduzzi, E. Baraldi, I. Braschi et al.] // *Postharvest Biol. Technol.* — 2009. — Vol. 52. — P. 16—23.
15. Землянхун А. А. Малый практикум по биохимии : учеб. пособие / Александр Алексеевич Землянхун. — Воронеж : Изд-во ВГУ, 1985. — 128 с.
16. Грицаєнко З. М. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів / З. М. Грицаєнко, А. О. Грицаєнко, В. П. Карпенко. — К. : ЗАТ "НІЧЛАВА", 2003. — 320 с.
17. Пат. 2144674 Российская Федерация, МПК7 G 01 N33/52, G 01 N33/68. Способ определения антиоксидантной активности супероксиддисмутазы и химических соединений / Сирота Т. В. ; заявитель и патентообладатель Сирота Т. В. — № 99103192/14 ; заявл. 24.02.1999 ; опубл. 20.01.2000, Бюл. № 2, ч 2.
18. Dong H. L. Chilling stress-induced changes of antioxidant enzymes in the leaves of cucumber: in gel enzyme activity assays / H. L. Dong, B. L. Chin // *Plant Science.* — 2000. — Vol. 159, N 1. — P. 75—85.
19. Boguszewska D. ROS as signaling molecules and enzymes of plant response to unfavorable environmental conditions / D. Boguszewska, B. Zagdańska // *Oxidative stress – molecular mechanisms and biological effects* / V. I. Lushchak, H. M. Semchyshyn (ed.). — Rijeka, Croatia : InTech, 2012. — P. 341—362.
20. *Responses of growth and antioxidant systems in Carthamus tinctorius L. under water deficit stress* / [H. Mostafa, M. S. A. Mohammad, K. Mojtaba, G. Faezeh] // *Acta Physiol. Plant.* — 2011. — Vol. 33. — P. 105—112.
21. *Studies on the activities of antioxidant enzymes under induced drought stress in in vivo and in vitro plants of Macrotyloma uniflorum (Lam.) Verdc* / Savitha M. Murthy, V. R. Devaraj, P. Anitha, D. H. Tejavathi // *Recent Research in Science and Technology.* — 2012. — Vol. 4, N 2. — P. 34—37.

Стаття надійшла до редакції 18.09.2014.

Priss O., Kalitka V. The antioxidant complex in cucurbits vegetables.

Background. Some cucurbit vegetables, which contain a small amount of low-molecular antioxidants, develop a powerful system of high-molecular antioxidants. Three main enzymes – superoxidodismutase, catalase and peroxidase – ensure enzymatic system of tissues defense from oxidative damage. The *aim* of the study was to identify the influence of hydrothermyc conditions on the formation of high-molecular antioxidant complex in cucumber and zucchini.

Material and methods. Two cultivars of cucumber *Masha F1* and *Athena F1* and two cultivars of zucchini fruit *Kavili F1* and *Tamino F1* grown in field conditions during the 2005–2012 years were studied. Determination of peroxidase activity was conducted by titration of undecomposed rest of hydrogen peroxide in the reaction of pyrocatechol oxidation [15]. Catalase activity was determined by titration of the undecomposed rest of hydrogen peroxide with sodium thiosulfate [16]. SOD activity was determined by estimation of its ability to inhibit the reaction of auto-oxidation of adrenaline in alkaline medium [17].

Results. The influence of temperature and rainfall on the activity of superoxidodismutase, catalase and peroxidase in cucumber and zucchini fruits was investigated. SOD and catalase activity in cucumber is more than 2 times higher than in zucchini. Strong significant relation between SOD and catalase activity and the sum of temperatures during the growing season for both cultures $r = -0.64 \div -0.71$. Peroxidase activity in fruits of both cultures shows a significant direct relationship only with rainfall: $r = -0.73 \div -0.87$.

Conclusion. Complex enzymatic antioxidants formation in cucurbits vegetables is heavily dependent on abiotic factors such as temperature and rainfall. Sum of the growing season temperature has determining influence on superoxidedismutase and catalase activity in cucumber fruits. Activity of these enzymes in zucchini fruits strongly depends both on the sum of temperature of fruit formation period and rainfall during growing season. Between the superoxidedismutase and catalase activity for cucumbers and squash there is a direct dependence with the correlation coefficient. The only factor, which shows significant influence on the activity of peroxidase in fruits of both plants, is the growing season rainfall. The peroxidase activity in cucurbits vegetables has inverse correlation with catalase and superoxidedismutase activity.

Keywords: antioxidants, cucumbers, zucchini, temperature, rainfall, superoxide-dismutase, catalase, peroxidase.

REFERENCES

1. *Aktivnye formy kisloroda kak sistema: znachenie v fiziologii, patologii i estestvennom starenii* / [V. I. Doncov, V. N. Krut'ko, B. M. Mrikaev, S. V. Uhanov] // Tr. In-ta sistemnogo analiza RAN. — 2006. — T. 19. — S. 50—69.
2. *Small D. M. Oxidative stress and antioxidant therapy in chronic kidney and cardiovascular disease* / David M. Small, Glenda C. Gobe // Oxidative stress and chronic degenerative diseases – a role for antioxidants / J. A. Morales-González (ed.). — Rijeka, Croatia : InTech, 2013. — R. 233—264.
3. *The role of natural antioxidants in cancer disease* / [C. Valadez-Vega, L. Delgado-Olivares, J. A. Morales González et al.] // Oxidative stress and chronic degenerative diseases – a role for antioxidants / J. A. Morales-González (ed.). — Rijeka, Croatia : InTech, 2013. — R. 391—418.
4. *Jadhav S. S. Daily consumption of antioxidants: – prevention of disease is better than cure* / Sameer S. Jadhav, Salunkhe R. Vijay, M. S. Chandrakant // Asian J. Pharm. Res. — 2013. — Vol. 3 (1). — P. 34—40.
5. *Shetty A. A. Vegetables as sources of antioxidants* / A. A. Shetty, S. Magadam, K. Managanvi // J Food Nutr Disor. — 2013. — Vol. 2, N 1. — P. 1—5.
6. *Priss O. P. Formuvannja antyokysljuval'nogo kompleksu garbuzovyh plodovyh ovochiv pid vplyvom abiotychnyh faktoriv* / O. P. Priss, V. V. Kalytka // Nauk. visn. NUBiP Ukrainy. — 2013. — Vyp. 183, Ch. 1. — S. 58—64.
7. *Antioxidative properties of bitter gourd (Momordica charantia) and zucchini (Cucurbita pepo)* / [M. Hamissou, A. C. Smith, R. E. Jr. Carter, J. K. Triplett // Emir. J. Food Agric. — 2013. — Vol. 25, N 9. — R. 641—647.
8. *Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions* / Pallavi Sharma, Ambuj Bhushan Jha, Rama Shanker Dubey, Mohammad Pesarakli // Journal of Botany. — 2012, Article ID 217037, 26 pages, 2012. — Way of access : <http://dx.doi.org/10.1155/2012/217037>.
9. *Scandalios J. G. Oxygen stress and superoxide dismutases* / John G. Scandalios // Plant Physiology. — 1993. — Vol. 101, N 1. — R. 7—12.
10. *Novyj podhod v ocenke antioksidantnoj aktivnosti rastitel'nogo syr'ja pri issledovanii processa avtookislenija adrenalina* / [E. I. Rjabinina, E. E. Zotova, E. N. Vetrova i dr.] // Himija rastitel'nogo syr'ja. — 2011. — № 3. — S. 117—121.
11. *Miroshnichenko O. S. Biogenez, fiziologicheskaja rol' i svojstva katalazy* / O. S. Miroshnichenko // Biopolimery i kletka. — 1992. — T. 8, № 7. — S. 3—25.
12. *Rogozhin V. V. Peroksidaza kak komponent antioksidantnoj sistemy zhivyh organizmov* / V. V. Rogozhin. — SPb. : GIOR, 2004. — 240 s.
13. *Transcript levels of antioxidative genes and oxygen radical scavenging enzyme activities in chilled zucchini squash in response to superatmospheric oxygen* / [Y. H. Zheng, W. M. F. Raymond, S. Y. Wang, C. Y. Wang] // Postharvest Biol. Technol. — 2008. — Vol. 47. — R. 151—158.

14. *Respiration*, hydrogen peroxide levels and antioxidant enzyme activities during cold storage of zucchini squash fruit / [S. Gualanduzzi, E. Baraldi, I. Braschi et al.] // *Postharvest Biol. Technol.* — 2009. — Vol. 52. — R. 16—23.
15. *Zemljanuhin A. A.* Malyj praktikum po biohimii : ucheb. posobie / Aleksandr Alekseevich Zemljanuhin. — Voronezh : Izd-vo VGU, 1985. — 128 s.
16. *Grycajenko Z. M.* Metody biologichnyh ta agrohimichnyh doslidzhen' roslin i g'runtiv / Z. M. Grycajenko, A. O. Grycajenko, V. P. Karpenko. — K. : ZAT "NICH LAVA", 2003. — 320 s.
17. Pat. 2144674 Rossijskaja Federacija, MPK7 G 01 N33/52, G 01 N33/68. Sposob opredelenija antioksidantnoj aktivnosti superoksiddismutazy i himicheskikh soedinenij / Sirota T. V. ; zajavitel' i patentoobladatel' Sirota T. V. — № 99103192/14 ; zajavl. 24.02.1999 ; opubl. 20.01.2000, Bjul. № 2, ch 2.
18. *Dong H. L.* Chilling stress-induced changes of antioxidant enzymes in the leaves of cucumber: in gel enzyme activity assays / H. L. Dong, B. L. Chin // *Plant Science.* — 2000. — Vol. 159, N 1. — R. 75—85.
19. *Boguszewska D.* ROS as signaling molecules and enzymes of plant response to unfavorable environmental conditions / D. Boguszewska, B. Zagdańska // *Oxidative stress – molecular mechanisms and biological effects* / V. I. Lushchak, H. M. Semchyshyn (ed.). — Rijeka, Croatia : InTech, 2012. — R. 341—362.
20. *Responses* of growth and antioxidant systems in *Carthamus tinctorius* L. under water deficit stress / [H. Mostafa, M. S. A. Mohammad, K. Mojtaba, G. Faezeh] // *Acta Physiol. Plant.* — 2011. — Vol. 33. — P. 105—112.
21. *Studies* on the activities of antioxidant enzymes under induced drought stress in vivo and in vitro plants of *Macrotyloma uniflorum* (Lam.) Verdc / Savitha M. Murthy, V. R. Devaraj, P. Anitha, D. H. Tejavathi // *Recent Research in Science and Technology.* — 2012. — Vol. 4, N 2. — R. 34—37.